УДК 69.05
https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-1-22-33

Научная статья

Организационно-техническое решение современного строительства в Китае

К. М. Крюков ✉, **Ли Синь**

Донской государственный технический университет, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
✉ kkrioukov@gmail.com

Аннотация

Введение. Тенденции развития строительной отрасли направлены на растущую долю уникальных зданий и сооружений. Однако организационно-технические решения по реализации таких проектов становятся проблемой в связи с отсутствием опыта строительства таких объектов. Данная ситуация приводит к проблемам, связанным с нарушением сроков строительства, увеличением стоимости проекта, снижению качества выполняемых работ. Целью данного исследования являлось изучение опыта современного строительства в Китайской народной республике на примере возведения уникального мостового сооружения.

Материалы и методы. В исследовании использовались методы анализа представляемой информации при изучении организации строительства несущей части мостового сооружения. Были выделены ключевые моменты, влияющие на эффективность и качество строительства.

Результаты исследования. В результате проведенных исследований было определено, что при строительстве уникальных объектов первоначальное внимание необходимо уделять подготовке строительства, включая и рассмотрение возможности дополнительного финансирования. Использование проектного подхода к реализации сложных инвестиционно-строительных проектов является обязательным условием успешного завершения строительства. Внедрение системы недельно-суточного планирования позволяет контролировать и своевременно предпринимать действия по ликвидации возникающих проблем в ходе строительства. Подготовка и переподготовка управленческого персонала и специалистов позволяют принимать квалифицированные решения по мере реализации проекта.

Обсуждение и заключения. Данное исследование имеет не только теоретическую, но и практическую значимость. Методы и технические решения, принятые при строительстве уникального мостового сооружения в Китае, могут быть использованы и в других регионах КНР, и в Российской Федерации. Данные подходы помогут успешно реализовывать сложные инвестиционно-строительные проекты – с надлежащим качеством, в заданные сроки и в рамках установленного бюджета.

Ключевые слова: организационно-технические решения, коробчатая балка, инвестиционно-строительный проект.

Для цитирования. Крюков К. М. Организационно-техническое решение современного строительства в Китае / К. М. Крюков, Ли Синь // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. — 2023. — Т. 2, № 1. — С. 22–33. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-1-22-33

Original article

Managerial and Engineering Solutions in the Contemporary Construction of China

Konstantin M. Kryukov ✉, **Lee Xin**

Don State Technical University, 1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, Russian Federation
✉ kkrioukov@gmail.com

Abstract

Introduction. The construction industry trends are developing towards the growth of the share of unique buildings and structures. However finding the managerial and engineering solutions for implementation of such projects becomes a

problem due to the lack of experience in construction of such facilities. This situation leads to the problems caused by the breach of the construction deadlines, increase of the project cost and deterioration of the quality of performed works. The purpose of this research was to study the contemporary construction experience of the People's Republic of China taking construction of a unique bridge structure as an example.

Materials and Methods. The analysis methods were used in the research to analyse the information obtained in the frame of studying the organisation of construction of the bridge structure load-bearing part. Key points affecting the efficiency and quality of construction were highlighted.

Results. As a result of the research it was determined that in construction of the unique facilities the primary attention should be paid to the construction preparation stage, including consideration of possibility of additional funding. The implementation of the project-based approach to the development of complex investment and construction projects is a prerequisite for the successful completion of construction. The introduction of a weekly-daily planning system allows monitoring and taking timely actions to eliminate the problems arising during construction. Training and retraining of management personnel and specialists allow making qualified decisions as the project progresses.

Discussion and Conclusions. This study has not only theoretical but also practical significance. The methods and technical solutions accepted in construction of a unique bridge structure in China can be used in other regions of the PRC and in the Russian Federation. These approaches will help to successfully implement the complex investment and construction projects with proper quality, in due time and within the allocated budget.

Keywords: managerial and engineering solutions, box beam, investment and construction project.

For citation. K. M. Kryukov, Lee Xin. Managerial and Engineering Solutions in the Contemporary Construction of China. Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning, 2023, vol. 1, no. 1, pp. 22–33. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-1-22-33

Введение. В современных условиях быстрого социально-экономического развития, крупные инвестиционно-строительные проекты играют ключевую роль в развитии строительной отрасли. Для обеспечения того, чтобы строительные проекты могли получить максимальную экономическую выгоду и содействовать социальному развитию, необходимо полагаться на технические решения по организации строительства, внедрять современное управление строительством, постоянно содействовать росту эффективности и качества управления строительством [1]. Исследование передового мирового опыта, внедрение в свою деятельность передовых решений в области организации и управления строительством являются необходимым условием выживания строительного предприятия. Поэтому необходимо изучать современные и инновационные инженерные решения в области организации строительства, чтобы способствовать развитию и успешной деятельности строительных предприятий в условиях конкуренции. В статье исследуется применение технических решений организации строительства в современном строительстве Китая на примере строительства уникального моста.

Материалы и методы. Мост Циндао-Бей — на момент ввода в эксплуатацию самый длинный в мире мост через водные пространства, спроектированный и построенный в Китае, общая длина которого достигла 41 километра, и является первым в мире мостом через море с инвестициями в 10 миллиардов долларов. Продолжительность строительства составила четыре года. Мост Циндао-Бей стал важным транспортным узлом в экономической зоне полуострова Шаньдун и в стратегии городского развития города Циндао [2].

В статье рассматривается организация работ при строительстве отдельных частей моста, монтируемых над несудоходной частью пролива. Все строительство моста было разделено на 12 контрактов, выполняемых различными строительно-монтажными организациями. В исследовании рассматривается двенадцатый контракт на строительство моста через залив Цзяочжоу в Циндао (рис. 1). Цена контракта составила более 1 миллиарда юаней.



Рис. 1. Схема расположения проекта строительства моста

В соответствии с контрактом были выполнены работы по сборке и монтажу 60-метровой коробчатой балки моста на опоры над несудоходной частью пролива. Общая длина монтируемых конструкций — 11280 м. Всего было изготовлено и смонтировано 376 составных балок пролетов, каждая из которых весила около 2000 тонн [3].

При строительстве мостов важную роль играет географическое расположение объекта и окружающая среда, которые влияют не только на проектные и конструктивные характеристики объекта строительства, но и на организацию работ по возведению конструкций моста. В соответствии с метеорологическими данными в регионе среднегодовая температура составляет 12,3 °С. Средняя температура в январе –9 °С; в августе средняя температура составляет 25,3 °С. Среднегодовое количество осадков составляет 680,5 мм, при этом наибольшее количество осадков происходит в течение июля – августа, а среднее количество осадков за эти два месяца 303,1 мм, что составляет 45 % от общего количества осадков за весь год.

Место проекта характеризуется регулярными приливами и отливами, что вносит определенные особенности при производстве работ. Характерные значения приливов показаны в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики приливов

Значения приливных характеристик	**Порт Циндао (статистика)**
Средний уровень моря (м)	0
Самый высокий прилив (м)	3,09
Минимальный уровень отлива (м)	–3,12
Средний уровень прилива (м)	1,39
Средний уровень отлива (м)	–1,40
Средняя приливная разница (м)	2,78
Максимальная приливная разница (м)	4,75
Средняя продолжительность прилива (м)	5 часов 39 минут
Средняя продолжительность отлива (м)	6 часов 46 минут

В целях эффективной организации строительных работ был использован проектный подход к реализации инвестиционно-строительного проекта по строительству конструкций моста. Был назначен руководитель проекта, ответственный за реализацию всех работ по контракту. Организационная структура управления строительством показана на рис. 2 [4].



Рис. 1. Организационная структура управления строительством

При организации работ по устройству пролетов моста были выделены четыре участка. Количество монтируемых балок и протяженность участков приведены в таблице 2. Обозначения начальных и конечных этапов приняты по проектной нумерации.

Таблица 2

Количество пролетов и балок по участкам

Номер участка	Начальная и конечная точка по чертежу	Длина (м)	Количество пролетов	Количество балок
1	K12 + 830 ~ K14 + 150 (правый)	1320	22	22
	K12 + 830 ~ K14 + 030 (левый)	1200	20	20
2	K14 + 390 ~ K15 + 530 (правый)	1140	19	19
	K14 + 330 ~ K15 + 770 (левый)	1440	24	24
3	K15 + 830 ~ K22 + 190 (правый)	6360	106	106
	K16 + 010 ~ K22 + 190 (левый)	6180	103	103
4	K22 + 430 ~ K24 + 890 (левый, правый)	2460	41	82
итог		11280		376

В соответствии с проектом планируется монтаж сборных железобетонных коробчатых балок длиной 60 м на опоры. В целях сокращения сроков строительства и повышения качества производства работ было принято решение о производстве пролетов в непосредственной близости от мест монтажа. Для этого был организован терминал для изготовления сборных балок на берегу моря. Общая схема организации работ может быть представлена следующим образом: по предварительно подготовленным формам изготавливается балка. После набора прочности с помощью двух козловых кранов грузоподъемностью 1200 т балка перемещается на транспортную баржу 3300 т. С помощью буксировочных катеров баржа транспортирует балку к месту установки. Кранами на барже 2600 т балка монтируется на место установки и закрепляется [5]. При монтаже учитывались особенности гидрогеологических условий — монтаж осуществлялся при приливе с требуемым уровнем глубины.

Общий организационно-технологический процесс строительства показан на рис. 3.

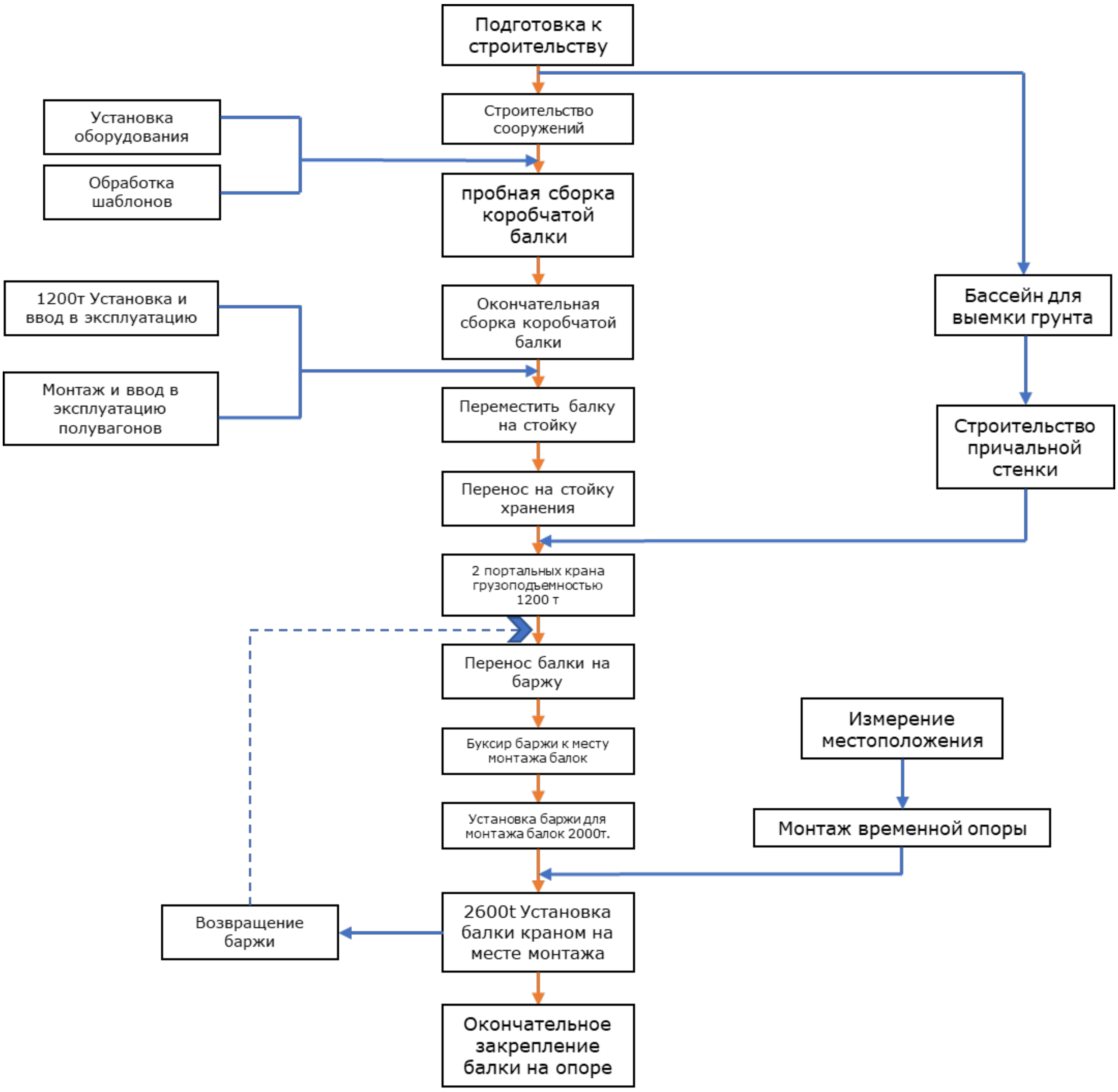


Рис. 3. Общая схема процесса строительства

Основные характеристики коробчатой балки. В этом проекте 60-метровая коробчатая балка использует однокамерное сечение, ширина коробчатой балки 17,0 м, ширина основания 6,6 м, высота балки 3,5 м. Каждая консоль с обеих сторон балки коробки 4,1 м, толщина консольного конца 22 см, толщина консоли в основании 55 см. В верхней полой части чистый пролет 7,2 м, толщина верха вдоль моста к середине пролета составляет 30 см, а верхняя часть утолщена до 55 см. Толщина основания коробчатой балки в пролете составляет 25 см, местное утолщение до 40 см вблизи обеих сторон опоры среднего причала, частичное утолщение до 65 см вблизи опоры бокового причала и 80 см на вершине опоры среднего причала. Стенка коробчатой балки спроектирована наклонной со средней толщиной 45 см, вблизи точки опирания предусмотрено увеличение до 70 см. Масса сборных балок среднего и бокового пролетов составляет соответственно 1970 т и 2000 т [6]. Поперечное сечение коробчатой балки показано на рис. 4.

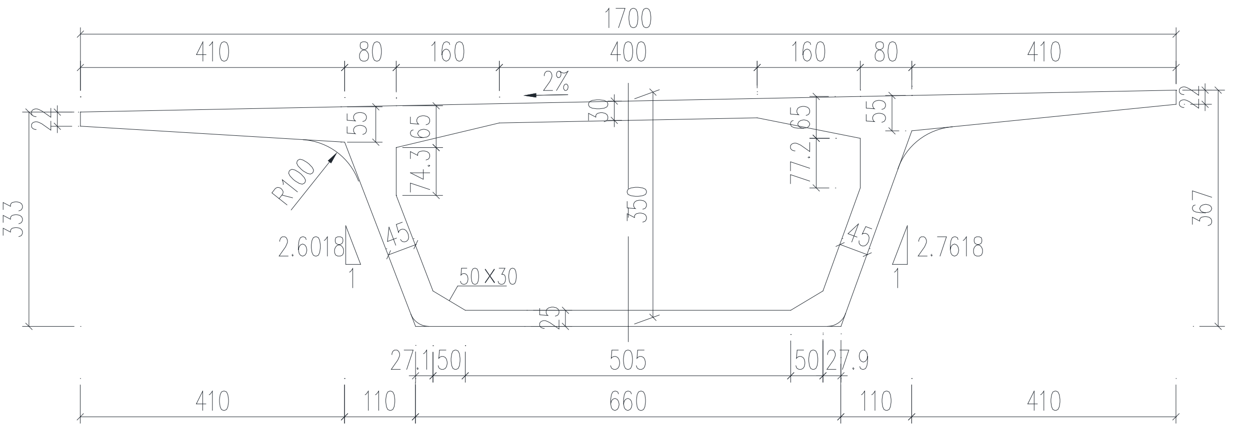


Рис. 4. Поперечное сечение коробчатой балки

Технологический процесс сборки коробчатых балок, их транспортирования и монтажа на опоры показан на рис. 5–8.

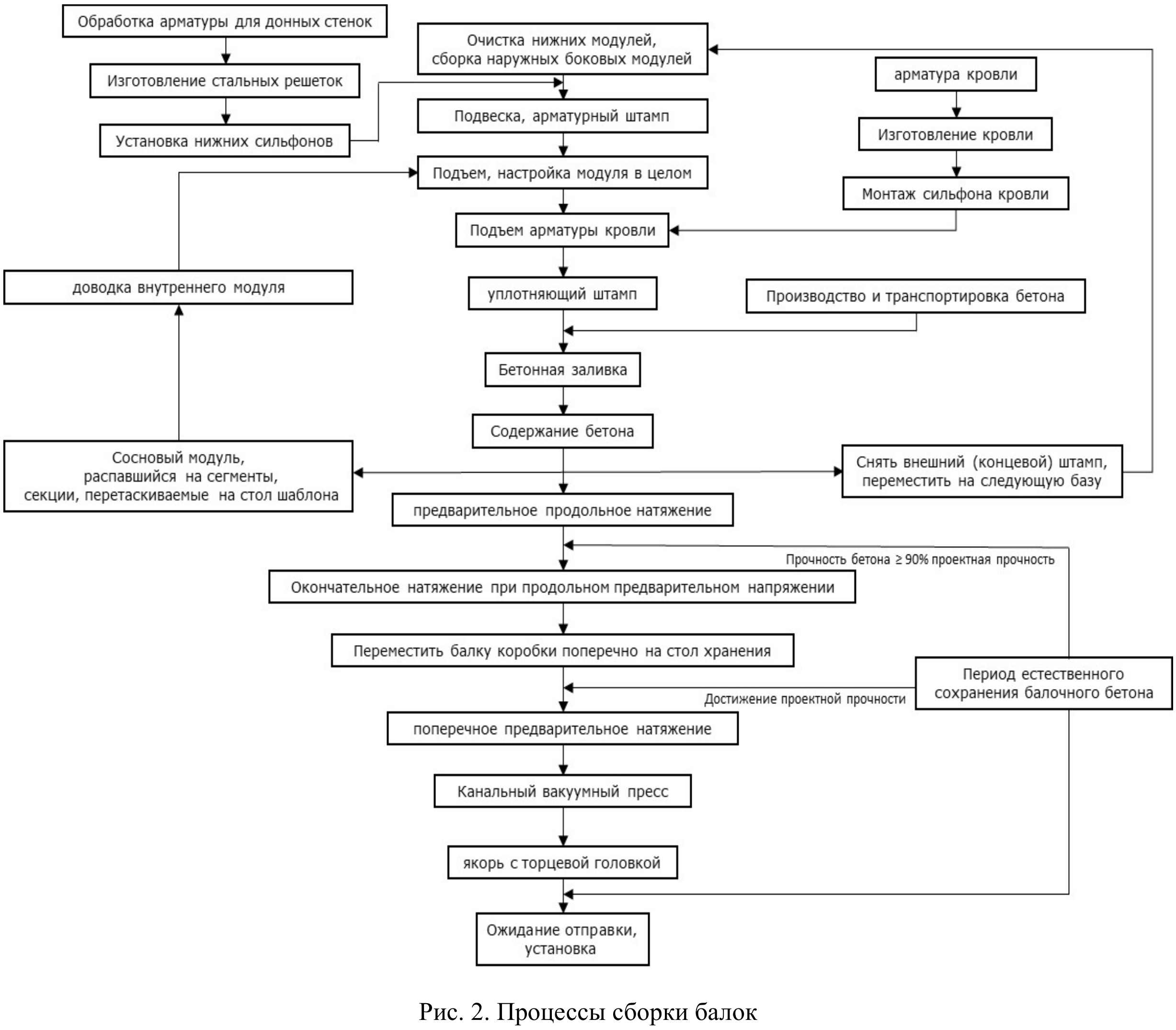


Рис. 2. Процессы сборки балок



Рис. 3. Изготовление коробчатых балок на производственном участке вблизи моря[1]

Схема транспортирования и монтажа коробчатых балок представлена на рис. 7.

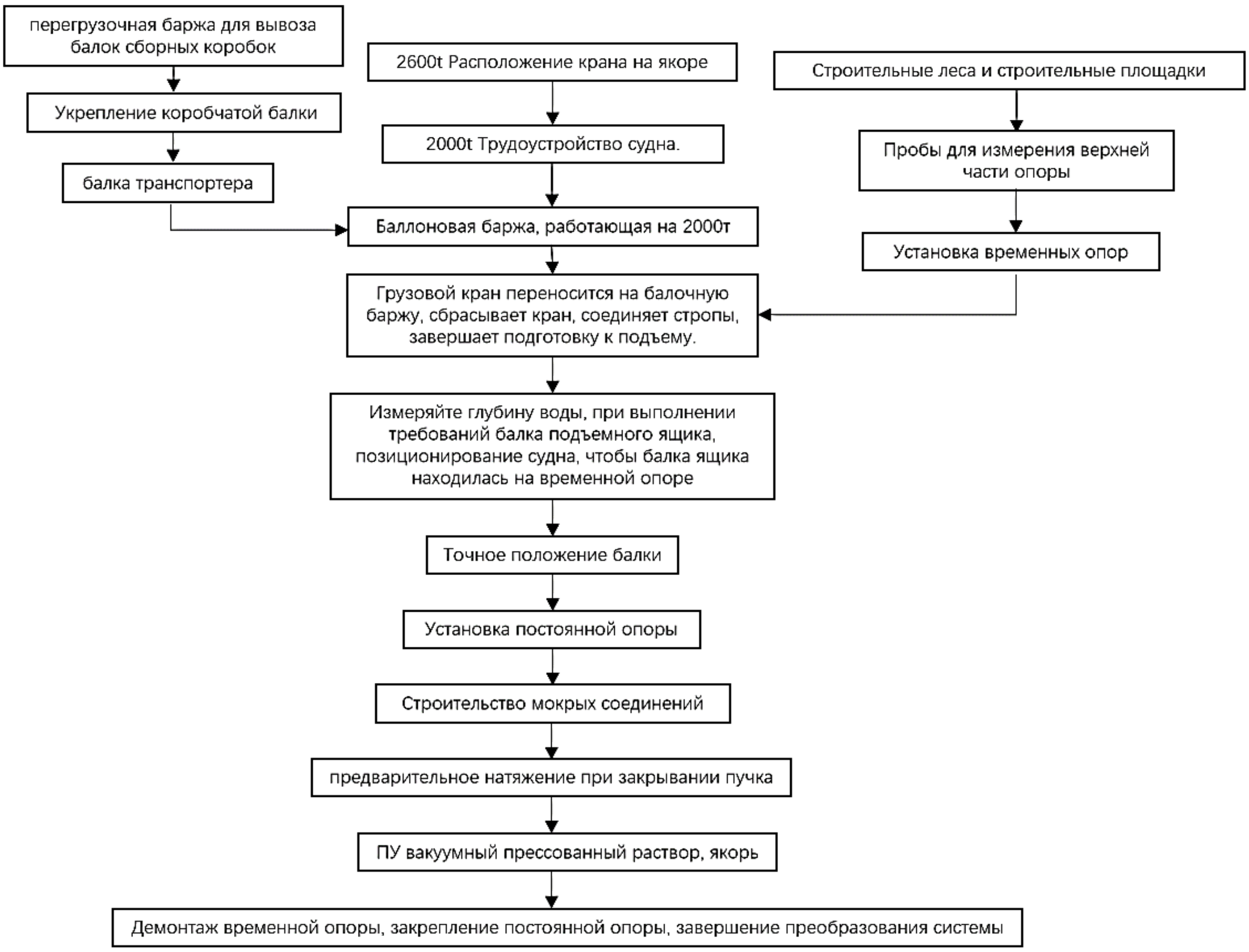


Рис. 4. Блок-схема поставки и монтажа балок

[1] Construction drawing of box girder of Qingdao Bay Bridge // Baidu : [сайт]. 2023. URL: https://clck.ru/33YRGm



Рис. 8. Установка коробчатых балок моста[2]

В соответствии с контрактом, был разработан календарный план строительства (рис. 9). В соответствии с планом предусмотрено параллельное производство работ по изготовлению коробчатых балок и их монтажу в проектное положение [7]. Общий срок производства работ по контракту составил 2 года.

Название проекта: Календарный план строительства моста Залив																													
номер	Название проекта	Время начала	Время завершения	2007		2008												2009											
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Пробно - сборная балка	2007. 11. 1	2007. 12. 1																										
2	Строительство временного прич ала	2007. 11. 1	2007. 1. 31																										
3	Строительство сборных сооруже ний	2007. 11. 1	2007. 1. 31																										
4	Установка и ввод в эксплуатацию козлового крана	2007. 12. 30	2008. 2. 15																										
7	балка производственного ящика	2007. 12. 1	2009. 10. 30																										
5	Установка коробчатой балки	2008. 5. 30	2009. 10. 30																										
6	Соединение мостов	2008. 7. 1	2009. 12. 31																										

Рис. 5. Календарный план производства работ по проекту (рисунок авторов)

На основании календарного плана была рассчитана потребность в трудовых и материальных ресурсах, машинах и оборудовании. На рис. 10 приведена потребность в управленческом персонале команды по периодам реализации проекта [10].

[2] Arch Hoje: Arch Curiosidades- Maior ponte sobre a água do mundo // ARCH Search : [сайт]. 2023. URL: https://www.archsearch.com.br/post/2015/10/19/arch-hoje-arch-curiosidades-maior-ponte-sobre-a-%C3%A1gua-do-mundo

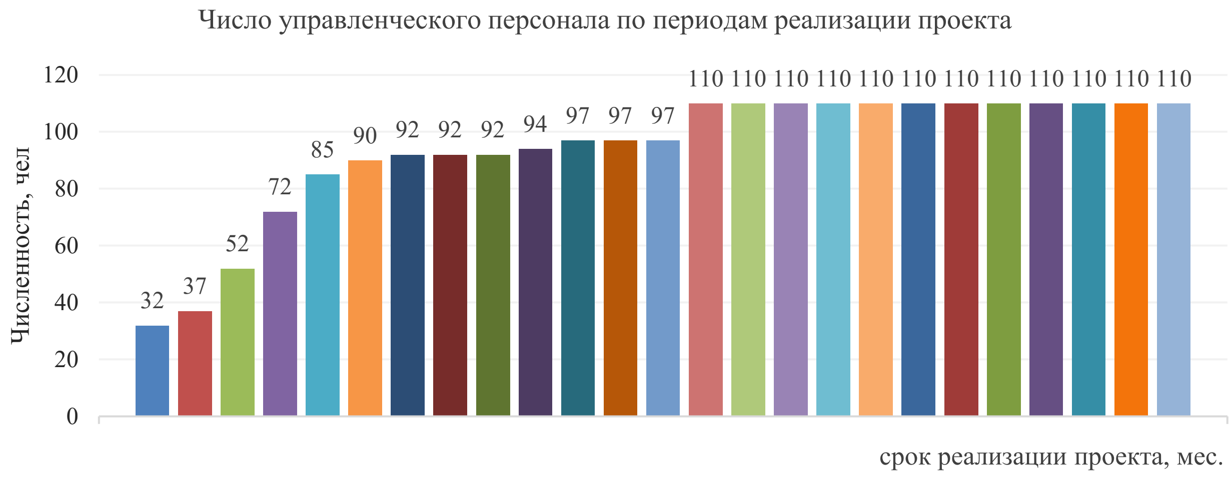


Рис. 10. Диаграмма потребности в управленческом персонале (рисунок авторов)

При подборе персонала специалисты и руководители проходили оценку управленческих и организационных возможностей, чтобы гарантировать качество строительства и безопасность работ. Еженедельно проводились совещания с акцентом на безопасность производства работ.

При разработке программы механизации изготовления и монтажа балок были определены машины и оборудование, которые будут приобретаться на условиях долгосрочной или краткосрочной аренды, а также за счет собственных средств организации по договору купли-продажи. На особый контроль был поставлен учет горюче-смазочных материалов путем регулярного оформления соответствующих документов. Особую задачу необходимо было решить по поиску техники большой грузоподъемности. К таким механизмам можно отнести козловые краны грузоподъемностью 1200 т, тележки-полувагоны для перемещения сборных коробчатых балок 1200 т и др. Производство было достаточно энергоемкое, поэтому были предусмотрены создание на месте генераторных установок внутреннего сгорания мощностью 400 кВт и 200 кВт.

Поскольку планировалось использовать значительное количество бетона для изготовления на месте коробчатых балок, было решено создать собственный бетонорастворный узел на площадке изготовления балок. Так как для качественного изготовления бетонной смеси необходим песок с определенными характеристиками, то были найдены поставщики и заключены контракты [9]. Для снятия рисков непоставки по каким-либо причинам контракты были заключены с несколькими поставщиками. Было установлено, что в соответствии с разработанным планом закупок, срочно необходимые материалы должны быть заявлены в отдел материально-технического снабжения как минимум за неделю до закупки. Общее количество основных материалов составило: цемент — 106 тыс. т, щебень — 350 тыс. т, песок — 239 тыс. т, арматура различных диаметров и классов — 80 тыс. т.

Строительство моста производилось с двух разных сторон, и в результате произошла состыковка. Поэтому очень важным условием для качественного производства работ являлся геодезический контроль за ходом выполнения работ. В команде проект-менеджера была выделена отдельная группа с подчиненностью непосредственно руководителю проекта по контролю за измерениями [10]. Инженер-геодезист отвечает за проверку результатов измерений и расчетов на месте. Измерительные работы, контролировались представителями заказчика, инженера по надзору с подписанием соответствующих документов. После каждого измерения все измеренные данные передавались на рассмотрение инженеру-контролеру в течение установленного срока.

Строительные организации, осуществляющие производство работ, прошли соответствующий отбор по критериям обладания техническими возможностями, профессиональными строительными машинами и оборудованием, а также богатым опытом строительства. Требования предъявлялись к материально-техническим ресурсам (персоналу, материалам, основным машинам и оборудованию) с точки зрения доступности и готовности к оперативному использованию. Например, требования к материальным ресурсам по транспортировке — не более 500 км.

Для обеспечения продолжительности строительства, закрепленной в контракте, необходимо наличие достаточных компетенций для управления и координации строительных работ. Успешный опыт координации и организации строительства позволил обеспечить темпы строительства [11].

Отсутствие проблем со стороны финансирования и стабильное финансовое положение строительных организаций позволило своевременно покрывать часть ликвидных средств, необходимых для строительства.

Сложность проекта предопределяет необходимость создания комплекса мероприятий по охране труда и технике безопасности на строительной площадке, разработать план аварийного спасения, устранить возможности возникновения крупных аварий и обеспечить бесперебойную реализацию проекта [12]. В результате всех реализованных мер по организации безопасного производства коробчатых балок и их монтажа по окончании строительства несчастные случаи со смертельным исходом отсутствовали, число серьезных несчастных случаев составило 0,5 промилле, число мелких травм — 5 промилле. Крупные потери, аварии с большой степенью ответственности на море — 0.

Результаты исследования. Анализируя принимаемые мероприятия в процессе реализации проекта можно отметить основные меры, принятые по обеспечению качественного выполнения проекта.

На подготовительном этапе реализации проекта была осуществлена детальная техническая подготовка персонала, изучение техническим персоналом строительных чертежей, объемов работ, технических спецификаций, стандартов контроля качества, документов, касающихся безопасности и охраны окружающей среды, инновационной технологии производства работ для повышения эффективности строительства, чтобы избежать серьезных изменений в период строительства и влияния на срок строительства.

При укомплектование кадрами, внимание уделялось подготовке персонала, подбору опытных руководителей проектов, высококвалифицированных специалистов высшего и среднего звена, рабочих – операторов, с целью сформировать сильный отдел управления проектами. Была сформирована консультативная группа экспертов из известных отечественных специалистов по мостам и гидротехнике, которая отвечала за руководство научными исследованиями по основным техническим вопросам проекта.

Чтобы избежать рисков, связанных с задержками в течение подготовительного периода и, связанными с этим дальнейшими задержками в работе, были увеличены первоначальные инвестиции на подготовительные работы.

Особое внимание уделялось управлению строительством в соответствии с планом, чтобы обеспечить сроки выполнения ключевых процессов и строительства в целом. Проект данного масштаба практически не может осуществляться без каких-либо сбоев в работе. Поэтому акцент при планировании заключался в оптимизации программы строительства для ключевых процессов и оказание технической поддержки для обеспечения сроков строительства. Отдел управления проектом проводил ежедневные совещания по планированию производства, подведением итогов дня и организации работ на следующий день с тем, чтобы запаздывающая работа была выполнена на следующий день, чтобы предотвратить задержку. Каждую неделю проводились производственные координационные совещания для подведения итогов строительных и производственных работ за предыдущую неделю и

организации работы на следующую неделю. Таким образом осуществлялось недельно-суточное планирование реализации проекта.

Поскольку работа носила повторяющийся характер при изготовлении и монтаже практически одинаковых 376 балок пролетов, то регулярно анализировалась технология выполнения работ, чтобы в дальнейшем повысить эффективность.

Проведение постоянных координационных совещаний с целью согласования работы с заказчиками, подрядчиками, проектными и надзорными подразделениями, позволило своевременно устранять помехи в строительстве и технические проблемы, возникающие в ходе строительства, во избежание ненужных задержек.

Внедрение методов поощрения работников позволило повысить производительность и ускорить ход работ.

Чтобы избежать задержек в выполнении работ, вызванных остановками и переделками из-за проблем с безопасностью и качеством, была разработана система контроля за безопасностью и качеством.

Обсуждение и заключения. Технические решения для организации современного строительства должны в первую очередь подчеркнуть строгий контроль деталей. Инвестиционно-строительный проект является сложным с длительным периодом строительства. Для того, чтобы качественно его реализовать, прежде всего, перед строительством необходимо уделить особое внимание проектированию организации строительства. Для это необходимо сделать следующее:

Во-первых, уточнить требования, предъявляемые к строительству в проекте организации строительства — провести анализ и исследование характеристик и условий, окружающей среды и т. д.

Во-вторых, уточнить план строительства, полностью развернуть задачи строительства, оптимизировать технологическую последовательность строительства, проанализировать возможный план строительства, чтобы определить оптимальный вариант.

В-третьих, график оптимального плана строительства отражается в плане графика строительства, и на основе плана графика составляется график работы рабочей силы, план потребностей в материально-технических ресурсах и план подготовки к строительству.

В-четвертых, в соответствии с планом строительства организовать строительную площадку с использованием современных технологий.

В-пятых, руководство и специалисты, отвечающие за проект должны постоянно адаптироваться к новым ситуациям, новым изменениям, постоянно изучать инновационные методы управления и только в этом случае они становятся сильной командой, которая ведет сможет успешно и эффективно реализовывать инвестиционно-строительные проекты.

Библиографический список

1. Zhuang Miao. Common problems and countermeasures of construction organization design // Zhengzhou University, 2013.

2. Qingdao Bay Bridge Project Management Information System Demonstration Project. Ministry of Housing and Urban-Rural Development Science and Technology Project. — 2009. — Pp. 5–9.

3. Yu Xudong. Brief Analysis of Highway and Bridge Construction Organization Design and Construction Management // Science and Technology Innovation and Application. — 2012. — 4.

4. Wang Xiaolong. Preliminary Study on Construction Organization Design and Construction Management of Highway and Bridge // Science and Technology and Enterprise. — 2013. — 11.

5. Yu Xudong. Brief Analysis of Highway and Bridge Construction Organization Design and Construction Management // Science and Technology Innovation and Application. — 2012. — 4.

6. Yang Jun, Wang Biyun. Quality control measures for cement concrete pavement of bridges and tunnels [J] // Southwest Highway. — 2011. — 4. — Pp. 94–97.

7. Research and application of 4D construction management system for construction engineering based on IFC standards, Huaxia, the first prize of construction technology in 2009.

8. Wang Xiaolong. Preliminary Study on Construction Organization Design and Construction Management of Highway and Bridge [J] // Science and Technology and Enterprise. — 2013. — 11.

9. Yang Jun, Wang Biyun. Quality control measures for cement concrete pavement of bridges and tunnels [J] // Southwest Highway. — 2011. — 4. — Pp. 94–97.

10. Xu Zhangjie, Chen Jian. Quality control of bridge construction projects [J] // Technology and Market. — 2010. — 12. — Pp. 22–28.

11. Ao Xiang. Talking about highway and bridge construction management and risk [J] // Doors and windows. — 2013. — 7. — Pp. 42–48.

12. Ji Xiaowei. Talking about the construction organization design of highway bridges [J] // China New Technology and New Products. — 2012. — 13.

Поступила в редакцию 20.01.2022

Поступила после рецензирования 22.01.2022

Принята к публикации 02.02.2023

Об авторах:

Крюков Константин Михайлович — заведующий кафедрой «Инжиниринговое управление в строительстве» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат экономических наук, доцент, ORCID, ScopusID, kkrioukov@gmail.com.

Ли Синь — магистрант кафедры «Организация строительства» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), 973486286@qq.com.

Заявленный вклад соавторов:

К. М. Крюков — формирование основной концепции, цели и задачи исследования, научное руководство, доработка текста, формирование выводов. Ли Синь — исследование по теме работы, проведение расчетов, подготовка текста.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.